

Influência da alimentação na taxa de sobrevivência e desenvolvimento de *Notodiaptomus cearensis* Wright, 1936 (Crustacea: Copepoda) e *Physiocypria schubarti* Farkas, 1958 (Crustacea: Ostracoda)

Fabiana Rodrigues de Arruda Câmara¹, Emilly Kataline Rodrigues Pessoa², Leila Laise Souza Santos¹, Odete Rocha³, Sathyabama Chellappa², Naithirithi T. Chellappa²

1. Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. RN 160, Km 03, Distrito de Jundiá – Macaíba/RN, Brasil. E-mail: fabirac@gmail.com; leilalaise@hotmail.com

2. Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Praia Mãe Luiza, s/n, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. CEP: 59.014-000. E-mail: emillykataline.ufrn@hotmail.com; chellappa.sathyabama63@gmail.com; naithirithichellappa@gmail.com

3. Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rodovia Washington Luiz, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: doro@ufscar.br

RESUMO: Os grupos zooplânctônico Copepoda e Ostracoda são constituídos por espécies que apresentam dominância em ecossistemas eutrofizados. O presente estudo baseado em ensaios experimentais teve como objetivo testar a sobrevivência, crescimento e desenvolvimento das espécies *Notodiaptomus cearensis* Wright, 1936 (Crustacea: Copepoda Calanoida) e *Physiocypria schubarti* Farkas, 1958 (Crustacea: Ostracoda) e interpretar a respeito das relações existentes entre Copepoda e Ostracoda. Dois testes experimentais foram realizados, utilizando a água bruta do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), Assú, Rio Grande do Norte. Para o primeiro ensaio, a espécie *Ceriodaphnia dubia* foi utilizada como organismo-teste a fim de verificar sua tolerância à toxicidade presumida na água bruta do reservatório e auxiliar nas explicações relacionadas ao crescimento e desenvolvimento de Copepoda e Ostracoda. O segundo teste foi conduzido utilizando as espécies *N. cearensis* e *P. schubarti* com o objetivo de verificar uma possível competição por recursos. Os resultados demonstraram uma correlação inversa entre as biomassas de Copepoda Calanoida e Ostracoda no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves. Dois tipos de crescimento padrão foram observados: Ostracoda, *P. schubarti* apresenta taxa de crescimento relativamente constante independentemente do tipo de alimento oferecido, enquanto que Copepoda calanoida, *N. cearensis*, embora demonstre crescimento satisfatório quando alimentado com cianobactérias filamentosas, apresenta preferência por algas verdes. Portanto, os resultados não apoiam a hipótese de competição por alimento entre as espécies, levando em consideração a ampla variação sazonal de *N. cearensis* e *P. schubarti* e sua eventual coexistência na coluna d'água. *P. schubarti* não afeta o crescimento de *N. cearensis*, e a redução na densidade de *N. cearensis* ocorre devido a fatores inerentes à incapacidade de sobrevivência desta espécie em elevadas densidades de Ostracoda ou presença de cianobactérias filamentosas. Pode-se inferir que a toxicidade de cianobactérias afeta alguns indivíduos da população de *N. cearensis* and *Ceriodaphnia dubia* quando alimentados com cianobactérias filamentosas.

Palavras-chave: zooplâncton, toxicidade, semiárido.

Influence of diet on survival and development of *Notodiaptomus cearensis* Wright, 1936 (Crustacea: Copepoda) and *Physiocypria schubarti* Farkas, 1958 (Crustacea: Ostracoda)

ABSTRACT: The Ostracod and Copepod are dominant groups of zooplankton in freshwater eutrophic ecosystems. The high abundance of Ostracod coincides with the significant reduction of the Calanoid Copepod biomass, co-existing with filamentous cyanobacterial blooms. The present study based on experimental set up, aimed to test survival, growth and development of the species *Notodiaptomus cearensis* Wright, 1936 (Calanoid Copepod) and *Physiocypria schubarti* Farkas, 1958 (Ostracod) and to interpret the possible relationships between Copepod and Ostracod in natural waters. Two experimental tests were performed using the Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) reservoir raw water. For the first series of test, the species *Ceriodaphnia dubia* was used as test-organism to verify the toxicity tolerance presumed to be in the raw reservoir water and to record how the growth and development of Copepod and Ostracod occur in this condition. The second test was conducted using the species *N. cearensis* and *P. schubarti* in order to observe a possible resource competition between these two species. The outcome of the results showed an inverse relation of biomass of Ostracod and Calanoid Copepod. Two types of growth pattern were observed: 1) The Ostracod, *P. schubarti* growth rates are relatively constant regardless of the different types of food supply and 2) the copepod, *N. cearensis*, though it grows when fed with filamentous cyanobacteria, and exhibited preferential uptake of green algae food. Therefore, the outcome of the results did not support the hypothesis of resource based competition while taking into consideration ample seasonal variation of the species *N. cearensis* and *P. schubarti* and their continued co-existence in the water column. Conclusion may be drawn from the fact that *P. schubarti* did not affect the growth of *N. cearensis*, the reduction of density of *N. cearensis* probably due to factors inherent survival ability in the midst of high density Ostracod or presence of filamentous cyanobacteria. It can be inferred that the cyanobacterial toxicity may affect some individuals in the population of *N. cearensis* and *Ceriodaphnia dubia* when exposed to filamentous cyanobacteria.

Keywords: zooplankton, toxicity, semiarid

1. Introdução

Na região semiárida do Brasil, diversos reservatórios se encontram severamente eutrofizados, tornando frequente a ocorrência de florações de cianobactérias (BOUVY et al., 1999). Tais organismos podem afetar a comunidade zooplânctônica devido à sua morfologia colonial e filamentosas, toxicidade ou baixo valor nutricional, de modo a promover variações na dinâmica das populações de outras espécies da comunidade e causar modificações na estrutura de toda

a rede trófica (VON ELERT; WOLFFFROM, 2001; LACEROT et al., 2013).

Algumas alterações na comunidade zooplânctônica têm sido evidenciadas em decorrência da ação de cianobactérias, tais como a substituição de espécies de grandes Cladocera por invertebrados menores, a dispersão em populações de Ostracoda dependendo da espécie de cianobactéria dominante e a prevalência de Copepoda durante as florações, devido ao seu comportamento quimiossensitivo e altamente seletivo na

busca por alimento (ORCUTT; PACE, 1984; WICKSTROM; CASTENHOLZ, 1985; RIETZLER; ESPINDOLA, 1998).

Os grandes grupos zooplantônicos encontrados nos mais diversos corpos d'água, incluindo os ecossistemas eutrofizados, tais como os Cladocera, Ostracoda, Rotifera e Copepoda apresentam algumas particularidades em relação aos seus requerimentos alimentares e, desta forma, a dinâmica das espécies está frequentemente ligada à disponibilidade de alimento nutricionalmente favorável ao desenvolvimento dos organismos (CYWINSKA; HEBERT, 2002; ALVA-MARTÍNEZ et al., 2004).

Os alimentos que promovem o adequado desenvolvimento e contribuem com uma fração qualitativamente superior para a dieta das espécies de Cladocera, por exemplo, são constituídos por algas verdes e outras partículas do séton (ZOLLNER et al., 2003; ALVA-MARTINEZ et al., 2007). Em relação aos Copepoda, algumas distinções são observadas entre os Cyclopoida e Calanoida, de forma que estes últimos apresentam uma elevada taxa de ingestão de colônias e filamentos de cianobactérias, bem como são capazes de capturar partículas grandes (KOSKI et al., 2002; KOZLOWSKY-SUZUKI et al., 2003); e quanto aos Ostracoda, estes se alimentam comumente de matéria orgânica viva ou morta, uma vez que as espécies deste grupo são generalistas e, em sua maioria, bentônicas havendo, no entanto, determinados táxons que habitam a coluna d'água, tais como espécies dos gêneros *Cypria* e *Physiocypria* (TUNDISI et al., 1997; MEISCH, 2000; VAN DONINK et al., 2003; SCHIMIT et al., 2007).

A prevalência de Copepoda e Ostracoda em ecossistemas eutrofizados é evidenciada por diversos

autores, com maior adaptabilidade e resistência à dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas (GRANT et al., 1983; BURNS; XU, 1990; HIGUTI, 2006). No entanto, apesar da ocorrência destes grupos em ambientes eutrofizados, tem-se observado no reservatório eutrofizado Armando Ribeiro Gonçalves uma correlação negativa entre as populações de Copepoda Calanoida e Ostracoda planctônicos, coincidindo com intensos processos de mistura na coluna d'água, proporcionada por elevados índices pluviométricos.

O presente estudo teve como objetivo verificar a influência da alimentação na taxa de sobrevivência e desenvolvimento das espécies *N. cearensis* Wright, 1936 e *P. schubarti* Farkas, 1958, para entender as interações entre Copepoda e Ostracoda co-ocorrentes na coluna d'água deste reservatório.

2. Material e Métodos

Aspectos limnológicos do Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG)

Amostragens foram realizadas em dois períodos distintos (Setembro de 2008 e Setembro de 2010) no Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), Assú, Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 1). Durante o período de coletas foram observadas ocorrências de florações de cianobactérias filamentosas no reservatório. Nos referidos meses não ocorreu intensa mistura na coluna d'água, permitindo verificar a condição alimentar influenciando a biomassa de Ostracoda e a competição entre estes e Copepoda pelo alimento disponível na coluna d'água.

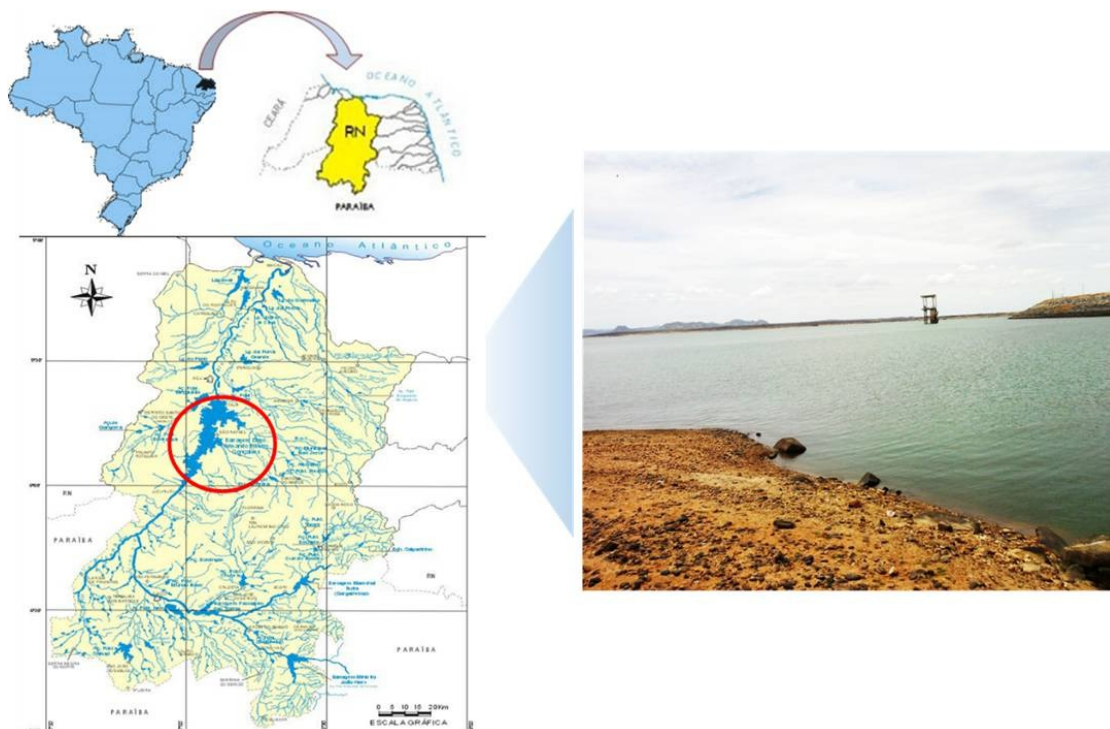


Figura 1. Área de estudo: reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), Assú, Rio Grande do Norte, Brasil.

As características limnológicas da água do reservatório ARG, utilizada como meio para os ensaios experimentais, foram mensuradas em campo com a obtenção de parâmetros referentes à temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$) e concentração de oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}), através de sensores multiparâmetro (WTW Multi 340i). Amostras em perfil vertical foram coletadas para as análises dos nutrientes inorgânicos e totais, tais como N-nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), N-amoniaco ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), através de métodos espectrofotométricos, seguindo metodologias específicas. Durante a execução dos experimentos todas as variáveis acima citadas foram mensuradas a cada dois dias, a fim de garantir a manutenção das variáveis físicas e químicas semelhantes aos registrados no reservatório, por meio de frequentes trocas do meio.

A biomassa das espécies zooplânctônicas foi quantificada durante um ano para verificar correlações existentes entre os grupos Copepoda e Ostracoda. O zooplâncton foi coletado com o auxílio de uma rede de plâncton com abertura de malha de $68\ \mu\text{m}$ e as densidades populacionais analisadas por meio de contagens em câmara de Sedgewick-Rafter sob microscópio óptico Nikon Eclipse E200. A biomassa do zooplâncton foi determinada segundo Bottrel et al. (1976).

Ensaios experimentais

Dois ensaios experimentais distintos foram realizadas utilizando a comunidade fitoplânctônica natural do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, situado na região semi-árida do nordeste brasileiro ($05^{\circ} 49'25'' \text{ S}$ e $36^{\circ} 51'12'' \text{ W}$), foi utilizada como alimento.

O primeiro ensaio foi realizado com *Ceriodaphnia dubia*, sem contato prévio com a água do reservatório com o objetivo de testar a toxicidade da água bruta, a fim de fornecer subsídios para a interpretação da dinâmica populacional dos grupos zooplânctônicos em estudo. O segundo ensaio foi realizado utilizando as espécies *N. cearensis* Wright (Copepoda calanoida) e *P. schubarti* Farkas (Ostracoda) coletadas no reservatório ARG, através de rede de plâncton ($68\ \mu\text{m}$), com o objetivo de observar a influência de diferentes tipos de alimento e possível competição por alimento entre estas espécies.

Teste de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*

As culturas de *C. dubia* foram obtidas de cultivos da Universidade Federal de São Carlos e mantidas no Laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A água de cultivo utilizada foi obtida de acordo com as normas da ABNT (2005), mantendo-se os parâmetros de qualidade da água em níveis adequados (pH 7.2-7.6, condutividade elétrica $160\ \mu\text{S.cm}^{-1}$ e dureza entre 42 e 48 $\text{mg CaCO}_3\text{.L}^{-1}$). Os

organismos foram diariamente alimentados com uma suspensão algal de *Pseudokirchneriella subcapitata* na concentração de $10^5\ \text{cel. mL}^{-1}$ (ABNT, 2005).

Os testes crônicos tiveram a duração de sete dias, sendo realizados com organismos neonatos, realizando-se dois tratamentos distintos, além do grupo controle, com 10 réplicas e um indivíduo em cada recipiente. No tratamento controle os organismos foram alimentados exclusivamente com *P. subcapitatae* mantidos em água reconstituída. No Tratamento 1, as neonatas foram alimentadas apenas com as espécies de algas e outras partículas do seston presentes na amostra bruta da água do reservatório ARG (superfície, meio e fundo) e no Tratamento 2, os organismos foram expostos a uma alimentação mista da cianobactéria (*Planktothrix agardhii*) e da alga clorofícea (*Pseudokirchneriella subcapitata*) cultivadas em laboratório sob condições controladas e mantidas durante o ensaio na água do reservatório, previamente filtrada em membrana de celulose, com $0,45\ \mu\text{m}$ de porosidade. Em todos os recipientes-teste foram mantidas densidades algais similares de $2,0 \times 10^5\ \text{ind. mL}^{-1}$.

Para cada tratamento e para o controle foram observados e registrados o número de indivíduos mortos (sobrevivência) e o número de neonatas produzidas (fecundidade).

Dinâmica populacional de Copepoda e Ostracoda

Os organismos das espécies *N. cearensis* e *P. schubarti* foram coletados no reservatório ARG e mantidos em laboratório na água do reservatório (temperatura constante de $25 \pm 2\ ^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 11h:13h claro/escuro) e as espécies sobreviveram satisfatoriamente em recipientes de plástico atóxico (10 L), durante todo o experimento.

Para o ensaio experimental, 45 organismos de cada espécie (copepodito e ostrácodo jovem) e de tamanhos semelhantes, foram obtidos aleatoriamente da amostra estoque. Dentre estes, 30 copepoditos e 30 ostrácodos jovens foram mensurados para posterior cálculo das biomassas iniciais. Os demais 15 organismos de cada espécie foram utilizados no experimento, que foi realizado em béquer (1 L) para evitar estresse por falta de espaço, alimento, oxigênio ou acúmulo de excretas, durante um período de 15 dias. A água utilizada no ensaio foi obtida do reservatório e previamente filtrada em membrana de celulose ($0,45\ \mu\text{m}$) para remover outros organismos e evitar predação ou competição. Esta estratégia permitiu manter as condições naturais ou semi-naturais das características químicas da água, uma vez que o objetivo do ensaio foi verificar a sobrevivência e desenvolvimento das espécies nas amostras contendo cianobactérias filamentosas, verificando a ocorrência de competição por alimento ou melhor desenvolvimento de uma espécie em detrimento da outra.

Os experimentos foram constituídos de três

tratamentos e três réplicas com apenas uma troca de água, havendo apenas homogeneização da água cinco vezes ao dia para simulação de mistura na coluna d'água e, consequente, ressuspensão do alimento.

Os tratamentos obedeceram aos seguintes critérios: Tratamento controle, onde somente a água do reservatório foi ofertada, constituída por 75% de cianobactérias filamentosas, em que as espécies mais abundantes foram *Planktothrix agardhii*, *Komvophorum minutum* e *Cylindrospermopsis raciborskii*, 8% de clorófitas e 17% correspondendo aos demais grupos algais com cianobactérias coloniais, principalmente *Microcystis* sp.; Tratamento 1, em que os organismos foram alimentados exclusivamente com detrito orgânico, correspondendo a 0,05 g.mL⁻¹ de espinafre triturado seco em estufa a 110 °C; Tratamento 2, onde a alimentação consistiu apenas da cianobactéria filamentosa (*Planktothrix agardhii*) previamente isolada da água do reservatório, com 0,05g.mL⁻¹ de detrito orgânico (espinafre seco) e Tratamento 3, que diferiu do Tratamento 2 apenas pela substituição de *Planktothrix agardhii* por uma espécie de Clorófitas (*Pseudokirchneriella subcapitata*), a qual foi obtida a partir de inóculos provenientes do Laboratório de Ecotoxicologia, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (UFSCar). Para os tratamentos 1, 2 e 3, os organismos foram mantidos na água do reservatório previamente filtrada (0,45 µm) e a densidade algal ofertada foi de aproximadamente 2 a 3 x 10⁵ ind. mL⁻¹.

Ao final dos quinze dias de experimento a biomassa dos organismos foi quantificada em peso seco (µgPS.m⁻³) e verificada a taxa de sobrevivência e desenvolvimento das espécies de Copepoda e Ostracoda nos recipientes.

Análises estatísticas

A análise de correlação de Pearson (p<0,05) foi realizada para verificar o grau de relação entre as densidades dos grupos zooplancônicos (Copepoda e Ostracoda) e ainda, entre estas e a biomassa de cianobactérias filamentosas.

Para verificar a existência de diferenças significativas na fecundidade e mortalidade de *Ceriodaphnia dubia* foi utilizado o programa computacional SigmaStat 3.5 para análises de variância (ANOVA, p<0,05) com teste de comparação múltipla (Tukey, p<0,05). Além disso, o teste de Fisher foi utilizado para testar o efeito "tóxico" ou "não-tóxico" da floração de cianobactéria sobre a espécie *C. dubia*. ANOVA One Way (p<0,05) foi utilizada para verificar diferenças estatísticas significativas entre as densidades populacionais de *N. cearensis* e *P. schubarti* nos tratamentos estudados.

3. Resultados

Observações em campo

Durante as amostragens para obtenção dos

organismos a serem utilizados nos experimentos foi registrada uma dominância de cianobactérias filamentosas em ambos períodos, Setembro de 2008 e Setembro de 2010, com biomassa algal média de 38,2 ± 2,12 e 59,9 ± 17,5 mm³. L⁻¹. Dentre as espécies de cianobactérias que constituíram a floração do mês de Setembro de 2008, houve dominância da cianobactéria filamentosa *Planktothrix agardhii*, a qual representou 87% da comunidade fitoplanctônica. As espécies de cianobactérias filamentosas constituíram em setembro de 2010 mais de 75% da população fitoplanctônica, com densidade média de 3,1 x 10⁵ ind. mL⁻¹ da espécie *Planktothrix* sp., seguida de *Cylindrospermopsis raciborskii* (8,1 x 10⁴ ind. mL⁻¹), *Anabaena* sp. (4,3 x 10⁴ ind. mL⁻¹) e *Komvophorum minutum* (3,8 x 10⁴ ind. mL⁻¹) entre as amostras da superfície, meio e fundo da coluna d'água.

Dentre os 21 táxons de organismos zooplancônicos encontrados no reservatório ARG, os Copepoda foram o grupo dominante, com abundância relativa de 82% em relação à biomassa total, sendo registrados os táxons *N. cearensis*, *Thermocyclops decipiens*, *Mesocyclops* sp. e *Argyrodiaptomus furcatus*, seguidos do Ostracoda *P. schubarti*, o qual correspondeu a 8% da biomassa total da comunidade zooplancônica.

De acordo com a análise de correlação de Pearson, uma relação inversa entre as densidades das espécies de Copepoda Calanoida e Ostracoda (r = -0,71, p<0,05) pode ser verificada. Em relação aos referidos grupos, uma correlação positiva foi observada entre a biomassa total de cianobactérias filamentosas (CF) e de Ostracoda (r = 0,62; p<0,05) e uma correlação negativa entre a biomassa de CF e dos Copepoda Calanoida (r = -0,45; p<0,05).

Experimentos laboratoriais

Teste de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*

Os parâmetros físicos e químicos da água analisados ao longo do perfil vertical antes de iniciar o ensaio experimental não tiveram diferença significativa entre as amostras de superfície, meio e fundo (ANOVA, p>0,05). Desta maneira, a qualidade da água utilizada no experimento foi considerada homogênea e caracterizada como alcalina (9,15 ± 0,31) embora o pH recomendado para o cultivo de *Cladocera* situe-se entre 5 e 7. A temperatura da água esteve favorável ao desenvolvimento dos organismos (27 °C), e as concentrações médias de oxigênio dissolvido permaneceram estáveis (5,5 ± 0,4 mg. L⁻¹), a condutividade elétrica foi moderada (196,6 ± 17,1 µS.cm⁻¹), de acordo com a tipologia regional. A dureza total não ultrapassou 34 mg. L⁻¹ e foram observadas elevadas concentrações de nitrogênio total (1243,3 ± 314,3 µg.L⁻¹) e fósforo total (320,3 ± 40,4 µg.L⁻¹). Dentre os compostos nitrogenados, o N-amoniaco ocorreu em maior concentração que o N-nitrato ao longo da coluna d'água, com valores médios de 250,1 ± 39,2 µg.L⁻¹ e 80,4 ± 21,7 µg.L⁻¹, respectivamente.

Para o fósforo solúvel reativo (PSR) registrou-se uma média de $230 \pm 83,2 \mu\text{g.L}^{-1}$.

O teste de toxicidade crônica com a água bruta do reservatório ARG resultou em diferença significativa na sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia* apenas para as amostras da superfície do Tratamento 1 quando relacionadas ao controle (Tukey, $p < 0,05$). Os dados evidenciaram que a água do reservatório ocasionou

efeitos significativos com relação à fecundidade total de *C. dubia*, a qual foi mais elevada nos ensaios contendo cianobactérias e algas verdes (Tratamento 2), quando comparados ao controle e ao Tratamento 1 (Tukey, $p < 0,05$). Nos tratamentos 1 e 2, a fecundidade de *C. dubia* foi mais elevada quando os organismos foram expostos à água da superfície do que quando expostos à água do meio e do fundo (ANOVA, $p < 0,05$) (Figura 2).

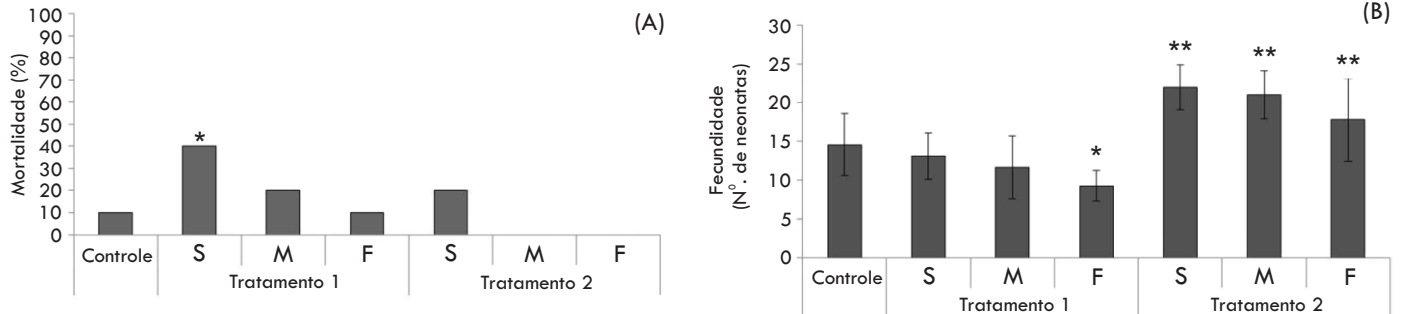


Figura 2. Toxicidade crônica da água bruta do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves, RN ao Cladocera *Ceriodaphnia dubia* exposto a: (A) Letalidade (taxa de mortalidade - %) e (B) Fecundidade (número de neonatas). *Diferença significativa em relação ao controle e ao tratamento 2 e **Diferença significativa em relação ao controle e Tratamento 1, Tukey ($p < 0,05$). S. Superfície, M. Meio, F. Fundo.

Dinâmica populacional de Copepoda e Ostracoda

Foi observado que existe diferença entre o tamanho dos indivíduos no início e ao final do experimento, demonstrando o desenvolvimento de *N. cearensis* e *P. schubarti* (Figura 3).

Ao final do experimento foi observado que no tratamento controle não houve mortalidade dos organismos estudados. No tratamento 1 e 2, *N. cearensis* teve uma taxa de mortalidade média de 31,1% e 6,6%, respectivamente, a qual foi maior que a obtida para a espécie *P. schubarti*, a qual teve mortalidade de 2,2 % dos indivíduos em ambos tratamentos. A taxa de mortalidade de *N. cearensis* no tratamento 1 foi significativamente mais elevada quando comparada aos tratamentos 2 e 3 (ANOVA, $p < 0,05$). Por outro lado, *P. schubarti* apresentou taxa de mortalidade similar entre os tratamentos experimentais (ANOVA, $p > 0,05$)

(Figura 4a).

Em relação à biomassa inicial de *N. cearensis* e *P. schubarti* não houve diferença significativa entre os tratamentos e o controle (ANOVA, $p < 0,05$). Em relação à biomassa final, no tratamento 1, o desenvolvimento de *N. cearensis* foi menor do que *P. schubarti* (ANOVA, $p > 0,05$). A biomassa de *N. cearensis*, no controle e nos tratamentos 2 e 3, foi mais elevada do que a da espécie *P. schubarti* (ANOVA, $p < 0,05$). A biomassa final de *N. cearensis* no tratamento 1 foi menor ($1610,0 \pm 298,1 \mu\text{gPS.mm}^{-3}$) quando comparada ao controle ($5916,667 \pm 1732,6 \mu\text{gPS.mm}^{-3}$), tratamento 2 ($5006,6 \pm 497,2 \mu\text{gPS.mm}^{-3}$) e tratamento 3 ($8740 \pm 1063,5 \mu\text{gPS.mm}^{-3}$) (ANOVA, $p < 0,05$). A biomassa do Ostracoda, *P. schubarti*, não diferiu significativamente da biomassa no controle e entre os tratamentos realizados (ANOVA, $p < 0,05$) (Figura 4b).

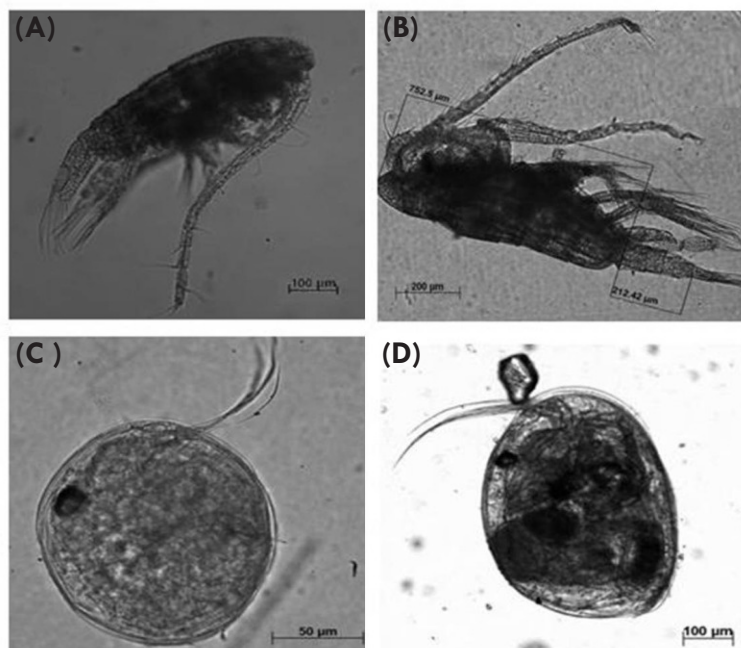


Figura 3. Aspecto geral e tamanho relativo dos indivíduos de *Notodiaptomus cearensis* (A-B) e *Physiocypria schubarti* (C-D) durante o ensaio experimental. (A) copepodito; (B) copépodo adulto; (C) ostrácodo jovem; (D) ostrácodo adulto.

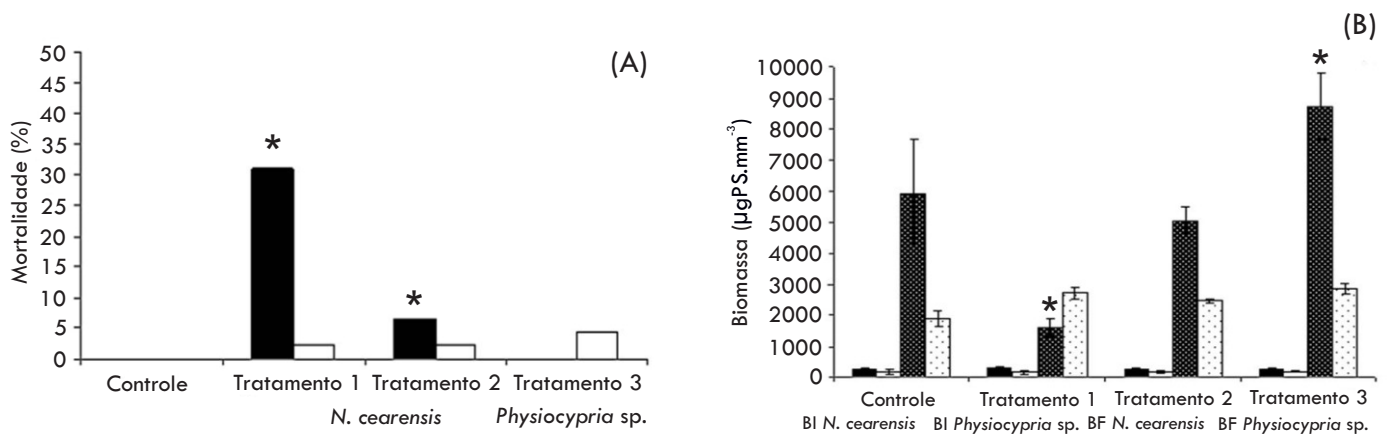


Figura 4. Variações na biomassa de Copepoda (*Notodiaptomus cearensis*) e Ostracoda (*Physiocypria schubarti*) expostos à água bruta do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves sob diferentes condições alimentares. (A) Letalidade: taxa de mortalidade (%) e (B) Crescimento: Biomassa inicial (BI) e Biomassa Final (BF), de *N. cearensis* e *P. schubarti* * Diferença significativa em relação ao controle, Tukey ($p < 0,05$).

4. Discussão

Os resultados do presente estudo demonstram que as relações inversamente proporcionais constatadas a partir das observações em campo entre as biomassas de Ostracoda e Copepoda Calanoida, especialmente *P. schubarti* e *N. cearensis*, não apresentam um padrão sazonal que possa ser explicado pela competição por alimento disponível na coluna d'água. Os resultados experimentais obtidos evidenciaram que *P. schubarti* apresenta um desenvolvimento populacional, avaliado pela biomassa similar e independente do alimento ofertado, enquanto para *N. cearensis* foi evidenciada a melhor adequação alimentar das algas clorofíceas. Alguns autores relatam que muitos organismos zooplancônicos demonstram esta preferência alimentar e que as clorofíceas são adequadas como fonte alimentar para os organismos zooplancônicos, porque apresentam paredes celulares finas, o que implica num baixo conteúdo de cinzas e uma alta relação entre o carbono orgânico e o peso seco (SIPAÚBA-TAVARES, 1988; SIPAÚBATAVARES; ROCHA, 1994).

Os Copepoda Calanoida apresentam um amplo espectro alimentar, sendo a maioria das espécies basicamente herbívora (MELÃO, 1999). Deste modo, a população de *N. cearensis* sobrevive satisfatoriamente na presença de cianobactérias e apresenta uma taxa de mortalidade significativamente elevada quando alimentados exclusivamente com detrito orgânico. Portanto, as alterações nas biomassas das espécies de Copepoda Calanoida e Ostracoda estudados nos ecossistemas de água doce estão provavelmente associados à presença de cianobactérias, de modo que estes grupos parecem ser menos afetados pelas florações, podendo dominar a comunidade zooplancônica em ecossistemas eutrofizados. Em contrapartida, Deevey et al. (1980) e Tundisi et al. (1997), observaram nos Lagos Peten e Dom Helvécio, respectivamente, uma dominância de Calanoida sobre Cyclopoida, baixa densidade de Cladocera e escassez de Rotifera, caracterizando um ambiente oligotrófico.

Além disso, observaram grande densidade dos Ostracoda *Cypriapectensis* e *Physiocypria sp.*, respectivamente, a qual ao longo do ano seguiu aproximadamente os mesmos padrões populacionais observados para os Copepoda.

Os resultados obtidos nos experimentos demonstram evidências de que a população do Ostracoda *P. schubarti* não influenciou o crescimento da espécie de Copepoda Calanoida *N. cearensis*, sendo a redução populacional deste último decorrente de um fator inerente à elevada biomassa da própria espécie. Apesar do grupo de Copepoda apresentarem movimentos migratórios na coluna d'água e selecionarem o alimento disponível, sobrevivendo durante as florações de cianobactérias, a redução na biomassa populacional de *N. cearensis* pode estar relacionada à toxicidade das cianobactérias. Neste trabalho, a toxicidade foi constatada por meio de testes de toxicidade com *Ceriodaphnia dubia* submetida à água bruta do reservatório ARG, a qual continha elevada densidade de cianobactérias filamentosas com resultados de mortalidade de alguns indivíduos. Leonard e Paerl (2005) analisando a relação fitoplâncton-zooplâncton do Lago Georgia na Flórida observaram que a densidade de Copepoda parece ser negativamente afetada por cianobactérias tóxicas e que quando estes são expostos a elevadas biomassas de *Cylindrospermopsis raciborskii* ocorre uma depleção populacional. SETALA et al (2009), demonstra que a comunidade de copépoda calanoida acumula toxinas em seus tecidos caso a condição ambiental seja caracterizada por baixa biomassa de microplâncton.

A sobrevivência de *P. schubarti* foi independentemente do tipo de alimento disponível e podendo no caso do reservatório ARG ter estado associada aos eventos de intensa mistura na coluna d'água, que favorecem a ressuspensão da fração bentônica da população de *P. schubarti* e o consequente aumento de sua biomassa na coluna d'água. Embora dados relacionados à taxa de mortalidade e desempenho dos Ostracoda sejam escassos, alguns

estudos relatam que as algas parecem otimizar a sobrevivência e o crescimento de diversas espécies de Ostracoda (CHIAL; PERSONE, 2002; CYWINSKA; HEBERT, 2002; Mori et al, 2012).

Em estudo prévio realizado no reservatório ARG foi reportada a ocorrência de microcistinas e saxitoxinas em níveis elevados, sendo este um fator chave com potencial prejuízo à sobrevivência dos organismos aquáticos e desencadeador de alterações na dinâmica populacional das espécies (COSTA et al., 2006). No presente estudo, a constatação de uma taxa de mortalidade de *Ceriodaphnia dubia* significativamente elevada, quando exposta à água proveniente da superfície do reservatório ARG, provavelmente reflete o potencial tóxico das espécies de cianobactérias ou a deficiência nutricional das mesmas, uma vez que a biomassa de cianobactérias foi mais elevada na superfície, enquanto outras espécies mais palatáveis têm biomassa reduzida nesta camada da coluna d'água.

Espécies zooplancônicas podem se desenvolver na presença de cianobactérias filamentosas quando misturadas com algas verdes (ALVA-MARTÍNEZ et al., 2004). Portanto, a toxicidade ao zooplâncton de algumas cianobactérias pode ser reduzida quando adicionados outros grupos fitoplancônicos mais palatáveis ao zooplâncton. Isto explicaria a redução na mortalidade de *C. dubia* quando exposta à água bruta do reservatório com floração de cianobactérias e clorófitas.

5. Conclusões

No presente estudo pode-se concluir que a competição interespecífica por alimento não foi um fator-chave influenciando a taxa de sobrevivência e o desenvolvimento das espécies *N. cearensis* e *P. schubarti*, e que as alterações na dinâmica populacional destas espécies na coluna d'água estão provavelmente relacionadas à presença de cianobactérias. Com base na experimentação realizada sugere-se que as correlações negativas entre as populações de Copepoda Calanoida e Ostracoda observadas em campo no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves provavelmente estejam relacionadas aos eventos de mistura do que à competição por alimento entre as referidas espécies, uma vez que se constatou que *P. schubarti* apresenta um desenvolvimento populacional similar independentemente do alimento ofertado. Concluiu-se também que apesar dos indícios de toxicidade das florações de cianobactérias, a taxa de sobrevivência e o desenvolvimento de *N. cearensis* obtidos na presença do fitoplâncton contendo uma floração de cianobactérias filamentosas evidenciam o potencial de crescimento destas espécies em ecossistemas eutrofizados, quando em companhia das cianobactérias ocorrem também outras algas de maior

valor nutricional.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Professora Dra. Janet Higuti pela identificação taxonômica do Ostracoda e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento) pelo apoio financeiro concedido.

7. Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA NBR 13373 (ABNT). 2005. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).
- ALVA-MARTÍNEZ, A. F.; SARMA, S. S. S.; NANDINI, S. Population growth of *Daphnia pulex* (Cladocera) on a mixed diet (*Microcystis aeruginosa* with *Chlorella* or *Scenedesmus*). *Crustaceana*, v. 77, p. 973-988, 2004.
- ALVA-MARTINEZ, A. F.; SARMA, S. S. S.; NANDINI, S. Effect of mixed diets (cyanobacteria and green algae) on the population growth of the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Aquatic Ecology*, v. 41, p. 579-585, 2007.
- BOTTRELL, H. H.; DUCAN, A.; GLIWICZ, X.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA, T. A. Review of some problems in zooplankton production studies. *Norwegian Journal of Zoology*, v. 24, p. 419-456, 1976.
- BOUVY, M.; MOLICA, R.; OLIVEIRA, S.; MARINHO, M.; BEKER, B. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of Northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, v. 20, p. 285-297, 1999.
- BURNS, C. W.; XU, Z. Calanoid copepods feeding on algae and filamentous cyanobacteria: rates of ingestion, defecation and effects on trichome length. *Journal of Plankton Research*, v. 12, n. 1, p. 201-213, 1990.
- CHIAL, B.; PERSONE, G. Cyst-based toxicity tests XII – Development of a short chronic sediment toxicity test with the ostracod crustacean *Heterocypris incongruens*: Selection of test parameters. *Environmental Toxicology*, v. 17, p. 520-527, 2002.
- COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 1b, p. 211-219, 2006.
- CYWINSKA, A.; HEBERT, P. D. N. Origins of clonal diversity in the hypervariable asexual ostracod *Cypridopsis vidua*. *Journal of Evolutionary Biology*, v. 15, p. 1341-1345, 2002.
- DEEVEY, J. E. S.; DEEVEY, G. B.; BRENNER, M. Structure of zooplankton communities in the Peten Lake District, Guatemala. In: KERFOOT, W. C. (Ed.) *Evolution and Ecology of Zooplankton Communities*. University Press of New England, 1980. p. 669-678.
- GRANT, I. F.; EGAN, E. A.; ALEXANDER, M. Pesticides to control ostracods grazing on blue-green algae. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 15, n. 2, p. 193-197, 1983.
- HIGUTI, J. *Fatores reguladores da biodiversidade de Ostracoda (Crustacea) no vale aluvial do alto rio Paraná*. 2006. 59 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2006.
- KOSKI, M.; SCHMIDT, K.; ENGSTRÖM-ÖST, J.; VIITASALO, M.; JONASDÓTTIR, S. H.; REPKA, S.; SIVONEN, K. Calanoid copepods feed and produce eggs in the presence of toxic cyanobacteria *Nodularia spumigena*. *Limnology and Oceanography*, v. 47, p. 878-885, 2002.
- KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; KARJALAINEN, M.; LEHTINIEMI, M.; ENGSTRÖM-ÖST, J.; KOSKI, M.; CARLSSON, P. Feeding,

- reproduction and toxin accumulation by the copepods *Acartiabifilosa* and *Eurytemoraaffinis* in the presence of the toxic cyanobacterium *Nodulariaspumigena*. **Marine Ecology Progress Series**, v.249, p. 237-249, 2003.
- LACEROT, G.; KRUK, K. C.; LURLING, M.; SCHEFFER, M. The role of subtropical zooplankton as grazers of phytoplankton under predation levels. **Freshwater Biology**, v. 58 (3), p. 494-503, 2013.
- LEONARD, J. A.; PAERL, H. W. Zooplankton community structure, microzooplankton grazing impact, and seston energy content in the St. Johns River system, Florida as influenced by the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsisiraciborskii*. **Hydrobiologia**, v. 537, p. 89-97, 2005.
- MEISCH, C. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In SCHWOERBEL, J.; ZWICK, P. (Eds), **Süßwasser fauna von Mitteleuropa**. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Germany, 2000. 522 p.
- MELÃO, M. G. G. Desenvolvimento e aspectos reprodutivos de cladóceros e copépodos de águas continentais brasileiras. In: POMPEO, M. L. M (Ed.) **Perspectivas da limnologia no Brasil**. São Luiz, MA. 1999. p. 45-57.
- MORI, N.; SIMCIC, T.; ZIBRAT U.; BRANCELJ, A. The role of river flow dynamics and food availability in structuring hyporheic microcrustacean assemblages: a reach scale study. **Fundamental Applied Limnology**, v. 180, n.4, 335–349, 2012.
- ORCUTT, J. D. J.; PACE, M. L. Seasonal dynamics of rotifer and crustacean zooplankton populations in an eutrophic monomictic lake: a note on rotifer sampling techniques. **Hydrobiologia**, v. 119, p. 73-80, 1984.
- RIETZLER, A. C.; ESPINDOLA, E. L. G. *Microcystis* as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir. **Verh International Verein Limnology**, v. 26, p. 2001-2005, 1998.
- SCHMIT, O.; ROSSETTI, G.; VANDEKERKHOVE, J.; MEZQUITA, F. Food selection in *Eucyprisvirens* (Crustacea: Ostracoda) under experimental conditions. **Hydrobiologia**, v. 585, p. 135-140, 2007.
- SETALA, O.; SOPANEN, S.; AUTIO, R.; ERLER KATRIN. Grazing and food selection of calanoid copepods *Eurytemoraaffinis* and *Acartiabifilosa* feeding on plankton assemblages containing *Dinophysis* spp. **Boreal Environmental Research**, v. 14, p.837-849, 2009.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para a alimentação de larvas e alevinos de peixes: l- algas clorofíceas. **Biotemas**, v. 6, n. 11, p. 93-106, 1994.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Utilização do plâncton na alimentação de larvas e alevinos de peixes**. 1988. 191f.. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos/UFSCar, São Carlos, 1988.
- TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G.; ROCHA, O.; CALIJURI, M. C. The Ecological significance of the metalimnion in lakes of Middle Rio Doce Valley. In: TUNDISI, J. G.; SAIJO, Y. (Eds.). **Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. 1997. 528p.
- VAN DONINCK, K.; SCHON, I.; MAES, F.; DE BRUYN, L.; MARTENS, K. Ecological strategies in the ancient asexual animal group Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda). **Freshwater Biology**, v. 48, p.1285-1294, 2003.
- VON ELERT, E.; WOLFFFROM, T. Supplementation of cyanobacterial food with polyunsaturated fatty acids does not improve growth of *Daphnia*. **Limnology and Oceanography**, v. 46, p. 1552-1558, 2001.
- WICKSTROM, C. E.; CASTENHOLZ, R. W. Dynamics of cyanobacterial and Ostracod interactions in an Oregon hot spring. **Ecology**, v. 66, n. 3, p. 1024-1041, 1985.
- ZOLLNER, E.; SANTER, B.; BOERSMA, M.; HOPPE, H. G.; JÜRGENS, K. Cascading predation effects of *Daphnia* and copepods on microbial food web components. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 2174-2193, 2003.